

DIE FUNKTIONELLEN STRUKTUREN
DER MEMBRANA TECTORIA UND DES LIGAMENTUM LONGITUDINALE POSTERIUS
IM OBEREN HALSBEREICH

VON
HERBERT AICHER

1960

Aus dem Anatomischen Institut
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. M. Watzka

DIE FUNKTIONELLEN STRUKTUREN
DER MEMBRANA TECTORIA UND DES LIGAMENTUM LONGITUDINALE POSTERIUS
IM OBEREN HALSBEREICH

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von
HERBERT AICHER
aus Freilassing

MAINZ 1968

Dekan: Professor Dr. Dr. G. Thews

Referent: Professor Dr. G. Müller

Korreferent: Professor Dr. M. Watzka

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Juni 1968



Gesamtherstellung:

Ditters Bürodienst Mainz

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung 1

2. Meiner Mutter
Gewidmet 2

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung und Problemstellung	1
II. Material und Methodik	3
III. Befunde	
A. Fetus und Neugeborener	4
B. Erwachsener	18
IV. Diskussion	20
V. Zusammenfassung	23
VI. Literaturverzeichnis	24

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die *Membrana tectoria*, in der Literatur auch als *Ligamentum* oder *Platte* bezeichnet, ist ein Bestandteil der bindegewebigen Verbindung zwischen dem vorderen Rand des Hinterhauptbeines und dem oberen Halsbereich.

Seit nach KRAUSE Weitbrecht 1742 den Namen *Ligamentum tectorium* einführte, sind die Namen, welche dieses Band bisher erhalten hat, ebenso zahlreich wie die Beschreibungen seiner topographischen Lage bei den verschiedenen Autoren unterschiedlich sind.

HENLE beschreibt 1856 ein *Ligamentum latum Epistrophei*, HYRTL (1875) eine *Membrana ligamentosa*. Wird damit schon die unterschiedliche Auffassung jener Autoren deutlich, so versucht KRAUSE (1879) diese und die bis dahin noch gebräuchlichen Bezeichnungen wie *Lig. cervicobasilare*, *Lig. occipitoaxoidale* oder *Apparatus ligamentosus vertebrarum colli* zu vereinheitlichen, indem er feststellt, daß das Band passend *Lig. tectorium* genannt wird, weil es den gesamten Bandapparat des *Dens axis* von hinten her zudeckt.

Viele der älteren Anatomen lassen das *Ligamentum tectorium* sich in das obere Ende des *Ligamentum longitudinale posterius* (l. l. p.) fortsetzen, welches erst am III. Halswirbel beginnen soll (KRAUSE, C., 1833). LUSCHKA (1863) dagegen läßt das l. l. p. vor dem *Lig. tectorium* in den oberen Schenkel des *Lig. cruciforme* übergehen, während HENLE (1856) unter dem *Lig. latum epistrophei* die vorderste Lage einer sich vom Schädel bis zur Hinterfläche des *Dens axis* ausspannenden dreischichtigen Membran verstanden haben will, die mittlere Schicht mit dem l. l. p. zusammenhängend beschreibt und die oberflächlichste Schicht dieser Membran als Fortsetzung der *Dura mater* des Rückenmarks bezeichnet.

HYRTL (1875) wiederum läßt die sog. *Membrana ligamentosa* über dem vorderen Rand des großen Hinterhauptloches entspringen und in ihrer Gesamtheit am Körper des zweiten Halswirbels dort enden, wo das l. l. p. beginnt.

Die enge Beziehung der *Membrana tectoria* zum *Ligamentum longitudinale posterius* ist von den meisten Autoren erkannt, jedoch uneinheitlich beschrieben worden, was nach KRAUSE (1879) seine Ursache in der Nichtbeachtung der Entwicklungsgeschichte und der Verhältnisse beim Neugeborenen hat.

Er fand, daß die kurzen Bündel des hinteren Längsbandes, welche die Hinterflächen benachbarter Wirbelkörper verbinden und an der übrigen Wirbelsäule kaum ausgebildet sind, sich nach oben verbreitern und verdicken und so das Ligamentum tectorium s. Membrana tectoria bilden. Während GEGENBAUR (1899) das hintere Längsband und die Membrana tectoria als selbständige Bänder betrachtet, nehmen FICK (1904) und BARDELEBEN (1906) eine Unterteilung des l. l. p. in zwei Schichten vor, von denen die vordere als Deckmembran eine Verstärkung oder Verdoppelung des l. l. p. darstellen soll. BRAUS (1921), RAUBER/KOPPSCH (1929), SIEGLBAUER (1943) und GRAY (1942) bezeichnen die Membrana tectoria als eine Fortsetzung und Verbreiterung des gesamten l. l. p. der Wirbelsäule bis zum Schädel, das nach TÖNDURY (1959) und WALDEYER (1967) zusammen mit dem Lig. cruciforme die Lage des Dens axis schützen hilft.

Hauptsächlich wurde bei bisherigen Untersuchungen auf die Beschreibung der Topographie und der Form Wert gelegt und von der Makroskopie nach physikalischen Gesetzen auf die Funktion geschlossen. Die Kenntnis des räumlichen Aufbaues der Teile eines Organs und deren Umgestaltung bei der Funktion ist für das Verständnis als funktionelle Ganzheit wichtigste Voraussetzung (ROHEN, 1951). Dabei gehören nach BENNINGHOFF (1952) Struktur und Funktion korrelativ zusammen, er sagt: "Die Funktion läuft nicht an der Form ab, noch ist die Form nur ein Akzidens der Funktion. Begreifbar wird die Form erst von der Funktion aus".

Die Wirklichkeitsgefüge, die den funktionellen Bau verstehen lehren und sich nicht mit den Begriffen Organ und Gewebe decken, nannte er 1930 funktionelle Systeme.

Bei Untersuchungen über die Bänder der Wirbelsäule, die jedes für sich ein Teilsystem des Organs Wirbelsäule darstellen, konnte festgestellt werden, daß diese Teilsysteme sich zu einem funktionellen System ergänzen (STOFFT, 1966; 1967).

Untersuchungen über das hintere Längsband im unteren Hals-, Brust- und Lendenbereich ließen die Frage offen, inwieweit der obere Teil des l. l. p. und die mit ihm in Zusammenhang stehende Membrana tectoria als Verbindung zum Schädel in das Gesamtsystem eingegliedert werden können.

Dies zu klären schien uns wert, eigene Untersuchungen anzustellen, wobei ein Vergleich zwischen Neugeborenen und Erwachsenen die Umgestaltung bei der Funktion deutlich machen sollte.

II. MATERIAL UND METHODIK

Zur Untersuchung standen die Wirbelsäulen zweier Neugeborener, eines Feten und einer 60-jährigen männlichen Leiche zur Verfügung. Außerdem wurden die Bänder des oberen Halsbereiches an einer 35-jährigen weiblichen Leiche zum Teil unter der Lupe präpariert.

Die Frischpräparate wurden nach Formalinfixierung mit 5%-iger Salpetersäure entkalkt und mit Natriumsulfatlösung nachbehandelt. Anschließend wurden mit dem Gefriermikrotom 180 bis 200 μ dicke Schnitte angefertigt. Die Schnittführung erfolgte dabei in sagittaler, horizontaler und schräghorizontaler Richtung.

Die teils mit Anilinblau-Orange und Resorcin-Fuchsin angefärbten, teils ungefärbten Präparate wurden im polarisierten Licht mittels der von MÜLLER (1961) entwickelten Hilfseinrichtung zum Polarisationsmikroskop untersucht.

Eine abschließende vergleichende Betrachtung ermöglichten dicke Sagittal-Horizontal- und Frontalschnitte eines Feten und eines Neugeborenen aus dem Anatomischen Institut.

III. BEFUNDE

A. Fetus und Neugeborener

Das Ligamentum longitudinale posterius (l.l.p.) liegt im Halsbereich vom dritten Halswirbel abwärts in zwei Schichten vor, wobei die äußere Bandschicht longitudinal verläuft, die innere im Bereich der Wirbelkörpermitten horizontal ausgerichtet ist; beide Schichten strahlen an den WK-Mitten in den Knochen ein (STOFFT, 1967).

Die innere Schicht des l.l.p., deren Fasern sich unter spitzen Winkeln überkreuzen, so ein längsgestelltes Scherengitter bilden und die Zwischenwirbelscheibe zwischen dem II. und III. Halswirbel mit denen der äußeren Schicht innig verbunden überbrücken, befestigt sich in einer Breite, welche der Breite des Dens axis entspricht, zum Teil am Corpus axis.

Dabei biegen ihre Fasern nach ventral ab und formieren sich mit den Strukturen der kappenförmigen Knorpelschicht um den Verknöcherungskern zu einem Gitter, aus dem die Fasern in die radiär ausgerichtete Spongiosastruktur des Knochens dem Verlauf von Gefäßen folgend einziehen.

Der übrige Teil der inneren Schicht überbrückt die Knorpelzone zwischen den Verknöcherungskernen des Dens und Corpus axis, um dann, wiederum zum Teil, in analoger Weise in den Verknöcherungskern des Dens abzubiegen (Abb. 1).

Die innere Schicht endet mit einem längsgestellten Scherengitter auf der Rückseite der Densspitze, wobei Anteile von dorsal den Dens-Knochenkern umschlingen und sich in allen Ebenen fächerförmig im Knorpel bis zur Densspitze hin ausbreiten (Abb. 2, Abb. 2a).

Die äußere Schicht des l.l.p. befestigt sich in Corpusmitte. Ihre Faserzüge durchsetzen dabei diejenigen der inneren Schicht sowohl von cranial nach caudal als auch von caudal nach cranial spitzwinklig und verknüpfen sich mit der inneren Schicht zu einem nach dorsal gekippten Maschenwerk. Auch die äußere Schicht strahlt in die Strukturen um den Verknöcherungskern ein. Die oberflächlichsten Schichten überbrücken die Kreuzungsstelle der von oben und unten einstrahlenden Bandanteile.

In der beschriebenen Weise befestigen sich die oberen Bandteile im gesamten medianen oberen Corpushereich; lateral reichen sie bis zum Diskus zwischen dem II. und III. Halswirbel herab, wo sie, nach ventral abbiegend, in die Deckplatten des zweiten Halswirbels einstrahlen (Abb. 3).

Sahen wir bis zum Corpus des II. Halswirbels die Schichten des Bandes zwar nicht untrennbar, doch innig miteinander verbunden, so bietet sich uns von der Knorpelzone zwischen Dens und Corpus an ein völlig anderes Bild.

In dieser Höhe findet die hintere Schicht des l. l. p. seine Fortsetzung in einem im polarisierten Licht stark lichtbrechenden Band, welches außer den Fasern der äußeren Schicht noch Faserzüge aus mehreren Schenkeln erhält, die ihren Ursprung in den Strukturen der Knorpelzwischenzone haben, welche auch dem unteren Schenkel des Lig. cruciforme als Ursprungsstelle dient.

Von hier an verlaufen beide Bandanteile eine kurze Strecke gemeinsam, wobei wir den dorsal gelegenen Teil erstmals als selbständige eigentliche Membrana tectoria bezeichnen können.

Sie zieht, indem sie lockere Verbindung mit dem Lig. transversum eingeht, über dieses und die dorsale Fläche der Densspitze hinweg, wendet sich im Bogen nach ventral, um sich am Clivus des Hinterhauptbeines zu befestigen.

Die medianen Faserzüge verlaufen dabei vorwiegend longitudinal, die lateralen biegen ab, bis sie einen beinahe horizontalen Verlauf einnehmen.

Die Ausdehnung der Membrana tectoria reicht in Höhe des Bogens nach lateral über den Pediculus des axis hinaus. Die der äußeren Schicht des hinteren Längsbandes entsprechenden Anteile der Membran verlieren sich an der Stelle in der Spongiosastruktur des Bogens, wo dieser sich nach dorsal wendet (Abb. 4).

Weiter cranial, am Übergang des Corpus in den Dens, bilden die lateralen Fasern ein lockeres Bindegewebsgeflecht, wobei sie sich zum Teil weiter nach lateral und dorsal ausrichten, um am Hinterrand der Fovea articularis inferior des Atlas einzustrahlen (Abb. 5). Zum Teil bilden sie die in mehreren Strängen vom Oberrand des Corpus entspringenden Membrananteile (Abb. 6).

In dieser Breite spannt sich die Membran dorsal, nur von der Dura mater bedeckt, über den Bandapparat des Dens. Im Bereich der Densspitze sind nur ihre mittleren Teile noch als Membran zu bezeichnen. Lateral lockern sich hier die schräghorizontal verlaufenden Züge, durchziehen sich kreuzend das lockere Bindegewebe zwischen den Condylen des Hinterhauptbeines und der Durascheide und bilden so Logen für die hier liegenden Gefäße (Abb. 7).

Die zur medialen und dorsalen Begrenzung der Condylen ziehenden Fasern strahlen tangential in deren Knorpelstruktur ein.

Die Membran erreicht den Vorderrand des Foramen magnum. Während der Hauptteil der Membran höher am Clivus hinaufreicht (Abb. 8), spalten sich cranial des Lig. transversum unmittelbar neben der Mittellinie Faserbündel ab, welche mit dem Lig. cruciforme Verbindung erhalten und breitbasig am Unter- rand des Clivus inserieren (Abb. 9).

Aus dem lockeren Verband des paradentalen Bindegewebes formieren sich vor- wiegend nach cranial verlaufende starke Bündel, die von lateral auf den unte- ren Clivusanteil zulaufen. Sie befestigen sich zusammen mit einem medialen Strang, dem cranialen Schenkel des Lig. cruciforme, über dem Foramen occi- pitale am Clivus (Abb. 10, Abb. 11).

Die Membran als Ganzes legt sich immer mehr dem Clivus an und endet über dem Canalis hypoglossi. Die Spongiosatrabekel der Pars basilaris ossis occipit. sind radiär zu deren Längsachse ausgerichtet, verdichten sich also zur Mittel- linie hin. Dieser Ausrichtung folgen die mittleren Insertionsfasern der Membran derart, daß sie im Bogen von lateral zunächst in das Periost einstrahlen, mit diesem nach medial verlaufen und von den medialen Fasern überkreuzt werden, bevor sie den Knochen erreichen.

Einen analogen Verlauf nehmen diejenigen Fasern, welche bis zum lateralen Rand des Hypoglossuskanals reichen. Sie beteiligen sich an der Auskleidung des Kanals und ziehen, in spitzem Winkel das Periost der Pars lateralis ossis occi- pitalis durchsetzend, in ihre Spongiosa ein.

Abb. 1:



Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht. II. Halswirbel eines Neuge- borenen. Abbildungsverhältnis 1 : 15.

Im re. unteren Bildquadranten sieht man die innere Schicht des l. l. p. dem Verlauf von Gefäßen folgend z. T. in den Körper des II. Halswirbels einziehen, z. T. die Knorpelzwischenzone überbrücken und in den Verknöcherungskern des Dens abbiegen.





Abb. 2:

Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht. II. Halswirbel eines Neugeborenen.

Abbildungsverhältnis 1 : 25.

Die innere Schicht des l. l. p. umschlingt z. T. den Dens-Knochenkern und breitet sich in allen Ebenen fächerförmig im Knorpel bis zur Densspitze hin aus.

Abb. 2 a:

Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht. II. Halswirbel eines Neugeborenen.

Abbildungsverhältnis 1 : 25.

Die obere Bildhälfte zeigt die Endigung der inneren Schicht des l. l. p. auf der Dens-Rückseite in einem Scherengitter.





Abb. 3:

Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht. II. Halswirbel eines Feten lateral des Dens geschnitten.

Abbildungsverhältnis 1 : 15.

Der re. untere Bildquadrant zeigt, wie die Fasern bis zum Diskus zwischen dem II. und III. Halswirbel herabreichen, wo sie, nach ventral abbiegend, in die Deckplatten des II. Halswirbels einstrahlen.

Abb. 4:

Schräghorizontaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht. II. Halswirbel eines Neugeborenen.

Abbildungsverhältnis 1 : 17.

Die der äußeren Schicht des hinteren Längsbandes entsprechenden Anteile der Membrana tectoria verlieren sich an der Stelle in der Spongiosastruktur des Bogens, wo sich dieser nach dorsal wendet.





Abb. 5:

Schräghorizontaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht. II. Halswirbel eines Neugeborenen.

Abbildungsverhältnis 1 : 17.

In der re. Bildhälfte sieht man den Bogen angeschnitten, während li. neben der Bildmitte nur der Dens angeschnitten dargestellt ist. Am Hinterrand der Fovea articularis inf. des Atlas strahlen lat. Fasern der Membrana tect. ein. (linke Bildhälfte).

Abb. 6:

Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht. II. Halswirbel eines Fetus.
Abbildungsverhältnis 1 : 6.

Vom Oberrand des II. Halswirbelkörpers (unteres Bilddrittel) entspringen
Membrananteile in mehreren Bündeln.





Abb. 7:

Horizontaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht.

II. Halswirbel eines Neugeborenen.

In Höhe der Densspitze geschnitten.

Abbildungsverhältnis 1 : 17.

In Bildmitte sehen wir zwischen dem Condylus und der Durascheide Logen für Gefäße, die von den sich kreuzenden, aufgelockerten Bandzügen gebildet werden.

Abb. 8:

Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht.

II. Halswirbel eines Fetus in der Mittellinie geschnitten.

Abbildungsverhältnis 1 : 6.

Die obere Bildhälfte zeigt, daß der Hauptteil der Membrana tectoria hoch am Clivus hinaufreicht.



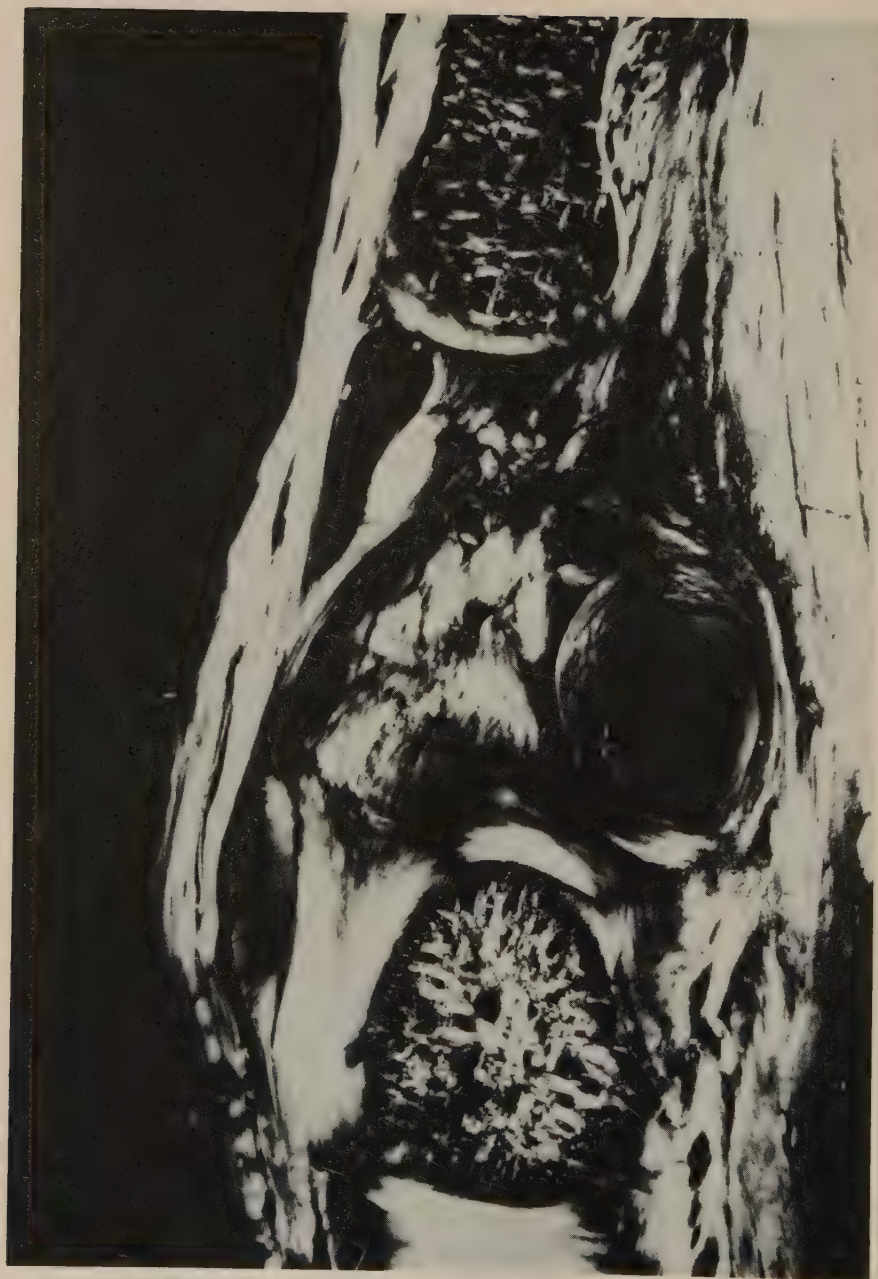


Abb. 9:

Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht.

II. Halswirbel eines Fetus unmittelbar neben der Mittellinie geschnitten.

Abbildungsverhältnis 1 : 10.

In Bildmitte spalten sich cranial des Lig. transversum von der Membrana tect. Faserbündel ab, welche mit dem Lig. cruciforme Verbindung erhalten und breitbasig am Unterrand des Clivus inserieren.

Abb. 10:

Horizontaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht.

II. Halswirbel eines Neugeborenen über dem Foramen magnum geschnitten.
Abbildungsverhältnis 1 : 17.

Aus dem lockeren Verband des paradentalen Bindegewebes in Bildmitte formieren sich vorwiegend nach cranial verlaufende starke Bündel, die von lateral auf den unteren Clivusanteil - am unteren Bildrand - zulaufen.





Abb. 11:

Horizontaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht.

Wie Abb. 10, bei Polarisationswinkelveränderung.

Der mediale Strang, der craniale Schenkel des Lig. cruciforme, befestigt sich zusammen mit den beiden der Membran zugehörigen Bündeln über dem Foramen occipit. am Clivus.

B. Erwachsener

Bei der Präparation der Bänder fanden wir eine den Verhältnissen beim Neugeborenen analoge Breitenausdehnung der Membrana tectoria.

Mit ihren flächenhaften Ausläufern ist sie fest mit dem Clivus verwachsen, nimmt nach caudal an Dicke zu und ist leicht von dem davorliegenden Lig. transversum zu trennen, jedoch innig mit dem unteren Bereich des caudalen Schenkels des Lig. cruciforme verbunden, mit dem zusammen sie sich in einer Zone zwischen Dens und Corpus axis befestigt. Vom Corpus axis und von der Zwischenwirbelscheibe wiederum läßt sie sich leicht abpräparieren, um in der Mitte des III. Halswirbels zu enden.

Den Ergebnissen der Präparation entsprechen die Befunde der mikroskopischen Auswertung der dicken Schnitte.

Überspannte das hintere Längsband mit seinen beiden Schichten an anderen Wirbelsäulenabschnitten die Konkavitäten der Wirbelkörper, ohne fester mit ihnen verbunden zu sein (GEGENBAUR 1899, STOFFT 1967), so sehen wir bereits am III. Halswirbel ein anderes Verhalten.

Hier sind in WK-Mitte die median gelegenen, längsverlaufenden Bandfasern in zwei Schichten dem Knochen dicht angelagert, ohne in dessen Struktur überzugehen, wobei jedoch die Maschen des Fasernetzes der inneren Schicht hier besonders dicht zu sein scheinen. Laterale Fasern biegen aus dem longitudinalen Bandverlauf ab und kreuzen sich mit dem von oben und unten aus dem mittleren Bereich der Zwischenwirbelscheibe kommenden Bandfasern, die neben der Wirbelkörpermitte in den Knochen einstrahlen. Die Befestigungszüge überkreuzen sich dabei und nehmen nicht die Richtung der Trabekel ein.

Deren Ansatzpunkte liegen auf einer Linie, die von caudal medial nach cranial lateral bis zum oberen Rand des III. Wirbels zieht. In deren Verlauf nehmen die von unten kommenden Bandfasern in demselben Maße ab, wie die oberen Züge an Stärke gewinnen. Vom Pediculus und vom Diskusbereich entspringen mehrere Faserbündel und formieren sich mit den caudal medial gelegenen zu einer festen Membran.

Die innere Schicht des l. l. p., nur im mittleren Bereich vorhanden, setzt sich bis zum Dens axis fort und endet dort, indem sie mit den Knorpelstrukturen der Dens-Hinterfläche ein Scherengitter bildet.

Hinter dem Dens nimmt die Membran an Dicke zu.

Aus einer verdichteten Knochenstruktur, die der diskusähnlichen Knorpelzone zwischen Dens und Corpus axis beim Neugeborenen entspricht, erhält die Membran kräftige Verstärkungszüge (Abb. 12).

Von hier zieht die Membrana tectoria mit dem oberen Schenkel des Lig. cruciforme, diesem dicht aufgelagert und nur von der Dura mater des Rückenmarks bedeckt, zum Clivus.

Da die Ausdehnung der Membran beim Erwachsenen und ihre Befestigung am Atlas und der Pars basilaris des Hinterhauptbeines den Verhältnissen beim Neugeborenen entspricht, können wir hier auf eine detaillierte Beschreibung verzichten. Die Schemata 1 und 2 sollen die unterschiedliche Befestigung des hinteren Längsbandes und der Membrana tectoria beim Neugeborenen und Erwachsenen deutlich machen.

IV. DISKUSSION

Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen über Bandstrukturen, im Besonderen über funktionelle Strukturen der Ligamenta longitudinalia anteriora und posteriora (STOFFT 1966, STOFFT 1967) ließen erwarten, daß die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Bänder sich mit den anderen zu einer den Funktionen der Wirbelsäule angepaßten Struktureinheit ergänzen.

Besonders trifft das für das Ligamentum longitudinale posterius im oberen Halsbereich zu, wobei wir beim Neugeborenen und Erwachsenen unterschiedliche Ergebnisse erhielten.

Beim Neugeborenen können wir, weil die Wirbelkörper knorpelig angelegt sind, die Strukturen gut verfolgen, die sich einem bestimmten System zuordnen.

Nach DABELOW (1960) ist es für das Bindegewebe charakteristisch, daß sich dessen Fasern kreuzen und sich vor allem an Stellen, die einem Wechsel von Dehnung und Verkürzung unterworfen sind, spitz- und stumpfwinklig begrenzte Netzmaschen bilden. Er sagt weiter: "Für zylindrische Flächen erhält es aus der gleichen Ausgangsform die Anordnung zweier sich kreuzender Schraubenwindungen".

Die zylindrischen Flächen wären hier die Wirbelkörper, denen entweder das Längsband durch pränatal auftretende Zug- und Druckspannungen oder eine auf die spätere Funktion ausgerichtete und dem Bindegewebe vorausgehende Anlage der Kreuzungen die von cranial nach caudal herabdrehende Spiralstruktur zuordnet.

Bei Anteflexion wird das Lig. cruciforme, seinem Ansatz vor und über der Flexionsachse gemäß, gespannt, der Atlas nach ventral gekippt.

Abb. 12:



Sagittaler Gefrierschnitt im polarisierten Licht.

II. Halswirbel eines Erwachsenen.

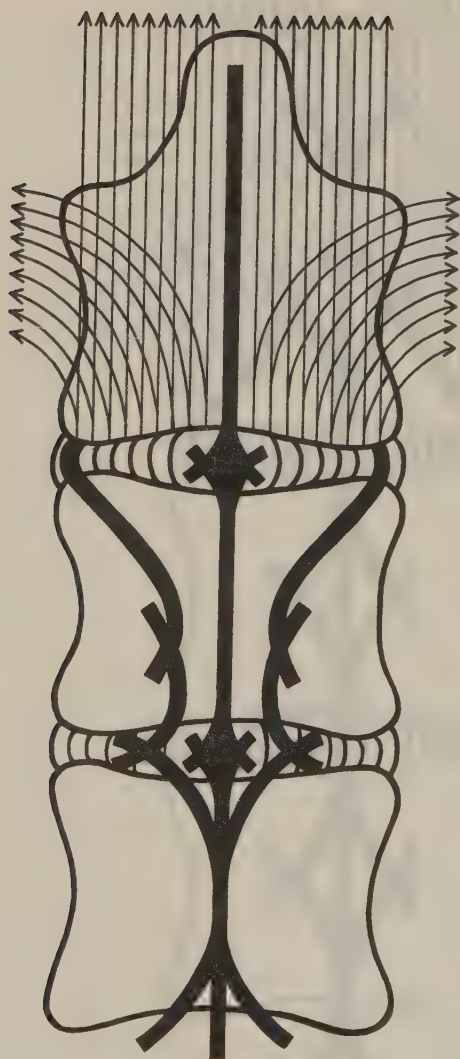
Abbildungsverhältnis 1 : 8.

Die untere Bildhälfte zeigt die verdichtete Knochenstruktur, die der diskusähnlichen Knorpelzone zwischen Dens und Corpus axis beim Neugeborenen entspricht. Aus dieser Zone erhält die Membran kräftige Verstärkungszüge.





Schema 1: Befestigung des hinteren Längsbandes beim Neugeborenen am II., III. und IV. Halswirbel in Wirbelkörpermitte. Die Membrana tectoria reicht bis zu den unteren Ecken des II. Halswirbelkörpers herab (dick ausgezogene Linien). Faserverlauf und Ausspannung der Membran durch Pfeile angedeutet.



Schema 2: Befestigung des hinteren Längsbandes beim Erwachsenen an der ersten und zweiten Zwischenwirbelscheibe, am III. Halswirbel auch in Wirbelkörpermitte.

Die Membrana tectoria befestigt sich an den oberen Ecken des III. Halswirbelkörpers und am III. Wirbelkörper (dick ausgezogene Linien). Faserverlauf und Ausspannung der Membran durch Pfeile angedeutet.

Da das Lig. transversum zur Fixation des Dens axis dabei einen dorsalen Druck auf diesen ausübt, müssen die dorsalen Verspannungen und somit auch die Endigung der inneren Schicht des l. l. p. besonders gestaltet sein.

Wir sehen, daß die innere Schicht sich am Knochen des Dens axis, in der Knorpelhaube um den Verknöcherungskern und in den Knorpelstrukturen der Densspitze verankert. Diese sichere Verankerung und die Strukturausrichtung weisen auf die Richtung der auftretenden Spannungen hin, die Ausbildung eines längsgestellten Scherengitters auf der Densrückseite ist Ausdruck der verformbaren Komponente, die bei extremer Belastung des Bandes bis zur plötzlichen Überforderung einen Spielraum einräumt.

Obgleich beim Erwachsenen die Befestigungszüge nicht bis in die voll ausgebildete Knochenstruktur zu verfolgen sind und nur die Scherengitterbildung auf der Densrückseite beobachtet werden konnte, finden wir auch hier eine der besonderen Funktion gerechtwerdende Strukturaufteilung.

An caudalen Wirbelsäulenabschnitten spannt sich das l. l. p. von Diskus zu Diskus. Am III. Halswirbel fanden wir das Band dagegen mit der Membrana tectoria auch im Bereich der Wirbelkörper befestigt, was verständlich wird, wenn wir wiederum die Funktion zum Ausgangspunkt unserer Überlegungen machen.

Der II. Halswirbel steht über das verformbare Lig. cruciforme mit den nicht verformbaren Knochen von Atlas und Hinterhauptbein in Verbindung. Verformbare und nicht verformbare Bestandteile wechseln ab, eine feste und dennoch nicht starre Halterung scheint das optimale System zu sein.

Schreiben wir dem l. l. p. eine Hilfestellung bei der Fixation des II. Halswirbels und des Zahnfortsatzes zu, so müßten wir fordern, daß ähnliche Verbindungen auch nach unten diesen in seiner Lage halten helfen. Würde sich das hintere Längsband an der Zwischenwirbelscheibe befestigen und dann zur Densspitze aufsteigen, so wäre die Hilfestellung unvollkommen, da auch die Zwischenwirbelscheibe unter Belastung verformbar ist und so zwei verformbare Strukturen aufeinanderfolgen würden.

Dies wird beim Neugeborenen durch die an allen Wirbelsäulenabschnitten, also auch am II. Halswirbel stattfindende Befestigung des Bandes in Wirbelkörpermitte, und beim Erwachsenen durch eine Fixation am Körper des III. Halswirbels umgangen.

Die statische Funktion könnte so besonders im obersten Abschnitt der Wirbelsäule voll wirksam werden.

Die Membrana tectoria schließt mit ihren Ursprungsstellen direkt an das hintere Längsband an.

Dabei ist in den median gelegenen Abschnitten eine Trennung der beiden Band-systeme nicht möglich, so daß sowohl beim Neugeborenen als auch beim Erwachsenen zumindest in den vorwiegend längsgerichteten Bandfasern ein kontinuierlicher Übergang angenommen werden muß. Wir konnten jedoch feststellen, daß schräg abbiegende Bandfasern sich aus dem Strukturverband des hinteren Längsbandes lösen und so beim Neugeborenen von den unteren Ecken des II. Halswirbels, beim Erwachsenen von den oberen Ecken des III. Halswirbels an eine eigenständige Membran bilden.

Ihre längs- und querverlaufenden Fasern bilden Gitter und könnten Bewegungen, die über das sinnvolle Maß hinausgehen, im oberen und unteren Kopfgelenk hemmen, nämlich dann, wenn die Dehnungsfähigkeit des Gitters erschöpft ist.

Eine wichtige Funktion scheint dem longitudinal verlaufenden mittleren Teil der Membran zuzukommen.

HYRTL stellt 1875 bereits fest: "Zerreißung des Querbandes und der Seitenbänder des Zahnes würde den Zahnfortsatz in das Rückenmark treiben und absolut tödliche Zerquetschung desselben bedingen", konnte jedoch die Behauptung, "... daß beim Tode durch Erhenken wenn, um die Dauer des Todeskampfes zu kürzen, gleichzeitig an den Füßen gezogen wird eine Verrenkung des Zahnes nach hinten jedesmal eintrete ...", nicht bestätigen.

Der kräftige Mittelstrang der Membrana tectoria, der mit Verstärkungszügen aus dem Lig. transversum straff über die Densspitze hinweg zum Clivus zieht, scheint zusammen mit den übrigen Haltebändern des Dens eine größtmögliche Sicherung zu gewährleisten, so daß damit vielleicht zu erklären wäre, daß das nach TÖNDURY (1959) zur Fixation des Dens an das Occiput notwendige Lig. apicis dentis, auf unseren Schnitten und auch bei der Präparation nicht einwandfrei analysiert werden konnte.

Da wir nicht ausschließen möchten, daß Unzulänglichkeiten unserer Untersuchungstechnik zu diesem Nebebefund führten, sei die Klärung der Verhältnisse gezielten Untersuchungen vorbehalten.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit haben wir versucht, Aufschluß über die funktionellen Strukturen der Membrana tectoria und das Ligamentum longitudinale posterius zu erlangen.

Die Membrana tectoria, die sich von den letzten Halswirbeln zur Pars basilaris des Hinterhauptes erstreckt und den gesamten Bandapparat des Dens axis gegen das Rückenmark abdeckt, sowie das Lig. longit. post. wurden auf histologischen dicken Seriengefrierschnitten von Wirbelsäulen zweier Neugeborener, eines Feten und eines Erwachsenen analysiert.

Die Bänder des Halsbereiches wurden an einer Erwachsenen-Leiche präpariert.

Wir haben festgestellt, daß eine Schicht des hinteren Längsbandes in den Strukturen des Dens axis endet und für diesen eine stabilisierende Funktion ausübt.

Eine zweite Schicht bildet einen kräftigen Anteil der Membrana tectoria, die ihrerseits an der Fixation der Lage des Zahnes wesentlichen Anteil hat.

Dabei ordnet sich das l. l. p. einer typischen Anordnung der Bindegewebsfasern bei, die bei zylindrischen Flächen zwei sich kreuzende Schraubenwindungen darstellt, ansonsten als spitz- und stumpfwinklig begrenztes Netzmaschenwerk deutlich wird.

Beim Neugeborenen fanden wir für die Membrana tectoria Ansatzpunkte, die denen beim Erwachsenen nicht entsprechen. Eine Tatsache, die sich durch die unterschiedliche Anheftung des Ligamentum longitudinale posterius erklären läßt.

Die analysierten Strukturen ergänzen sich mit den wirbelkörpernahen Bandsystemen zu einem funktionellen System, welches in das Gesamtsystem Wirbelsäule eingeordnet ist.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. BARDELEBEN, K. von: Lehrbuch der systematischen Anatomie des Menschen.
Verl. Urban u. Schwarzenberg, Berlin 1906
2. BENNINGHOFF, A.: Funktionelle Anpassung im Bereich des Bindegewebes.
Anat. Anz. 72 (Ergh.), 95-123 (1931)
3. BENNINGHOFF, A.: Das Problem der organischen Form.
Verl. N.G. Elwert, Marburg 1952, S. 13.
4. BRAUS, H.: Anatomie des Menschen.
Bd. 1, Verl. Jul. Springer, Berlin 1921
5. DABELOW, A.: Vorstudien zur Betrachtung der Zunge als funktionelles System.
Anat. Anz. 97 (Ergh.), 132-145 (1950)
6. DABELOW, A.: Das Bindegewebe im Lichte neuerer Forschungen.
Anat. Anz. 109 (Ergh.), 644-651, S. 645 (1960/61)
7. FICK, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln.
Verl. Gust. Fischer, Jena 1904.
8. GEGENBAUR, C.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
Bd. 1, 7. Aufl., Verl. Wilh. Engelmann, Leipzig 1899
9. GRAY, H.: Anatomy of the human body.
24th Edition. Lea a. Febiger, Philadelphia 1942
10. HENLE, J.: Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen.
Bd. 1, II. Abteilung Bänderlehre
Verl. Friedri. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1856
11. HYRTL, J.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 13. Aufl.
Verl. Wilh. Braumüller, Wien 1875
12. KOELLIKER, A.: Handbuch der Gewebelehre des Menschen.
Bd. 1, 6. Aufl., Verl. Wilh. Engelmann, Leipzig 1889

13. KRAUSE, C.: Handbuch der menschlichen Anatomie. Bd. 2, 1. Aufl.
Hahn'sche Buchhandlung, Hannover 1833
14. KRAUSE, W.: Handbuch der menschlichen Anatomie. Bd. 2, 3. Aufl.
Hahn'sche Buchhandlung, Hannover 1879
15. LUSCHKA, H. von: Die Anatomie des Menschen.
Bd. 1, Abt. 1, Die Anatomie des Halses.
Verl. Laupp, Tübingen 1862
16. MAYET, A.: Einbau des Rückenmarkes in den Wirbelkanal.
Anat. Anz. 115 (Ergh.), 11-33 (1965)
17. MÖLLENDORFF, W.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des
Menschen.
Bd. 2, Verl. Julius Springer, Berlin 1927
18. MÜLLER, G.: Eine Hilfseinrichtung zur Untersuchung dicker histologi-
scher Schnitte.
Mikroskopie 15, 347-351 (1961)
19. RAUBER-KOPFSCH: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen.
Abt. 2, 13. Aufl., Verl. Georg Thieme, Leipzig 1929
20. ROHEN, J.: Der Kauapparat als funktionelle Gestalt unter besonderer
Berücksichtigung des Parodontiums.
Fortschritte der Kieferorthopädie 18, 280-296 (1957)
21. ROHEN, J.: Der räumliche Aufbau des Ziliarkörpers und seine Bedeu-
tung für die Akkommodation.
Anat. Anz. 98 (Ergh.), 145-153 (1951)
22. SIEGLBAUER, F.: Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen.
8. Aufl., Verl. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1958
23. STOFFT, E.: Das Ligamentum longitudinale posterius in funktionell-
anatomischer Sicht.
Vortr. Ges. f. Wirbelsäulenforschung, Frankfurt 1967
24. STOFFT, E.: Die funktionellen Strukturen des Lig. longitudinale anterius.
Med. Diss., Mainz 1966
25. TÖNDURY, G.: Angewandte und topographische Anatomie. 2. Aufl.
Verl. Georg Thieme, Stuttgart 1959

26. TÖNDURY, G.: Entwicklungsgeschichte und Fehlbildungen der Wirbelsäule.
Bd. 7, Verl. Hippokrates, Stuttgart 1958
27. WALDEYER, A.: Anatomie des Menschen. 1. Teil, 5. Aufl.
Verl. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1967

Herrn Professor Dr. M. Watzka danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes im Anatomischen Institut.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. G. Müller für die Überlassung des Themas und die vielseitigen Anregungen.

Herrn Dr. Stofft möchte ich für die wertvolle Beratung in technischen und methodischen Fragen danken.

LEBENS LAUF

Am 22.9.1939 wurde ich als dritter Sohn des Bauunternehmers Max Aicher und seiner Ehefrau Rosa, geb. Friesenecker, in Freilassing, Kreis Laufen, geboren.

Ich besuchte die Volksschule in Freilassing, die höhere Schule im benachbarten Salzburg und in Neubauern am Inn, wo ich 1960 die Reifeprüfung mit Erfolg ablegte.

Mein Medizinstudium begann ich in Freiburg i. Br., setzte es nach zwei Semestern in Mainz fort und legte im Juli 1967 das medizinische Staatsexamen ab.

Vom September 1967 bis Januar 1968 war ich als Medizinalassistent am Anatomischen Institut der Universität Mainz tätig.

